28674 Dup.

IGM88RT-201-696-G
CNRC 28674

ROBOT DE SOUDAGE DE TUYAUTERIE INDUSTRIELLE

INSPECTION ULTRASONORE DES SOUDURES

F. Nadeau, R. Héon et G. Patenaude

Institut de génie des matériaux
Conseil national de recherches Canada
75 boul. de Mortagne
Boucherville (Québec) J4B 6Y4

Novembre 1987

ROBOT DE SOUDAGE DE TUYAUTERIE INDUSTRIELLE

Inspection ultrasonore des soudures

F. Nadeau, R. Héon et G. Patenaude

INTRODUCTION

Le robot de soudage de tuyauterie industrielle développé à l'IGM utilise le procédé GMAW en mode court-circuit pour effectuer la passe de fond dans un joint en V avec méplat et écartement, géométrie typique des assemblages de tuyauterie. Grâce à un système de vision qui mesure et contrôle en temps réel la pénétration de la soudure, les joints produits sont d'une qualité supérieure et uniforme. Ceci fut vérifié par radiographie sur une cinquantaine d'échantillons et aussi par de nombreux essais destructifs (pliages, coupes métallographiques).

D'autre part, on sait que la qualité des joints soudés à la main avec ce procédé dépend beaucoup des compétences et de la concentration du soudeur et qu'une erreur de sa part provoque des défauts du type collage et manque de fusion à la racine. De plus, les collages échappent souvent à l'inspection aux rayons X. À cause de cela, l'usage de ce procédé est souvent interdit pour certaines applications jugées plus critiques.

L'automatisation du procédé réduit énormément cette dépendance sur l'opérateur et uniformise la qualité des joints. Il est possible toutefois qu'à la suite d'un mauvais réglage, par exemple, la machine produise de façon systématique des défauts du même type. Il apparaît donc nécessaire de disposer d'une méthode d'inspection non destructive autre que les rayons X pour déceler une telle malfonction. Il a été suggéré, notamment par MM. Christian Piguet de S.N.C. et William Craig de Pétro-Canada, que l'inspection ultrasonore serait une solution à ce problème. Nous présentons ici quelques résultats qui confirment cette hypothèse. Le robot de soudage fut ajusté pour produire des soudures avec de nombreux collages à la racine. Ces coupons furent inspectés à l'ultrason et comparés aux soudures saines.

PRÉPARATION DES COUPONS

Deux coupons de tuyaux (acier doux) de 6" de diamètre, épaisseur standard (8 mm) furent préparés avec un joint en V, méplats d'environ 2 mm et écartement d'environ 2 mm aussi. Cet écartement relativement faible par rapport à la dimension des méplats augmente la probabilité de défauts à la racine. Le pointage des coupons fut réalisé à la main avec le procédé GMAW (4 points par coupon). Le premier coupon fut soudé avec les bons réglages du système de vision et de contrôle. Pour le soudage du deuxième coupon, le niveau de référence de la pénétration (i.e. pénétration désirée) fut réduit d'environ 10%. Ce changement a eu un effet très visible sur le comportement de la machine lors du soudage de la passe de fond. Les paramètres ont évolué dans une gamme de valeurs inférieures et donc plus froides (environ 30% de moins sur la vitesse d'avance, 10% de moins sur la vitesse de fil). Certains manques de fusion à la racine étaient apparents sur l'intérieur de la soudure.

INSPECTION À L'ULTRASON

Les coupons soudés ont ensuite été inspectés à l'ultrason. Le palpeur utilisé était un gamma (i.e. moyennement amorti) de 2,25 MHz fabriqué par K.B. Aerotech. Ce transducteur a une surface active de forme rectangulaire, 0,5" x 1". Il était monté sur un sabot angulaire émettant à 70° dans l'acier.

Le transducteur était alimenté par un pulseur de marque Metrotech, modèle MP 215. Les échos étaient recueillis par un "receiver" de même marque, modèle MR 101. Le pulseur était ajusté à amplitude maximum. Le "receiver" était en mode pulse-écho, RF Detec (i.e. signal redressé), avec 10 db d'atténuation à l'entrée. La bande passante de l'appareil est de 30 MHz. Les échos furent affichés à l'écran d'un oscilloscope de marque Tektronics avec entrée 50 Ω et bande passante de 100 MHz, réglé à 20 microsecondes/div. en x et 1 V/div. en y.

RÉSULTATS

Quatre régions d'intérêt présentant des patrons d'échos caractéristiques et distincts furent identifiées. Ces régions correspondent à:

1- Soudure sans défaut entre deux points (coupon #1)
2- Soudure sans défaut sur un point (coupon #1)
3- Soudure avec défaut non détecté par l'inspection visuelle (coupon #2)
4- Soudure avec défaut détecté par l'inspection visuelle (coupon #2)

La région #4 fut repérée à l'oeil nu par un manque évident de fusion à la racine. La région #3 fut repérée à l'ultrason par comparaison avec l'échogramme obtenu sur la région #4.

La figure 1 représente les échogrammes de chacune de ces régions. Sur l'échogramme #4 on distingue très nettement, à 60 µs, l'écho correspondant au défaut à la racine du joint. Nous avons utilisé la région #4 pour ajuster la distance du transducteur par rapport au centre du joint de façon à maximiser l'amplitude de cet écho. Les deux joints furent ensuite entièrement inspectés sans changer aucun paramètre.

Sur le coupon #1, aucun écho à 60 µs n'est visible (fig. 1, #1), sauf au niveau des points (fig. 1, #2). Dans ce cas, le très faible écho que l'on détecte est dû à la sur-épaisseur à la racine. Sur le coupon #2, on a pu observer, en plus de la région #4, une autre région (#3) où apparaissait un écho à 60 µs, mais de plus faible amplitude. On a évidemment obtenu aussi sur ce coupon des échogrammes semblables aux régions #1 et #2 du premier coupon (là où la soudure était saine).

Des coupes métallographiques de chacune de ces régions furent réalisées. Elles sont présentées à la figure 2. On voit au #1 que l'absence presque complète de relief à la racine explique bien l'échogramme plat que l'on obtient dans ce cas. Au #2, on remarque la sur-pénétration importante du point. On

constate, d'après l'échogramme correspondant, que cette excroissance très apparente n'est pas un réflecteur ultrasonore très efficace. La coupe #3 est un excellent exemple du type de collage qui peut se produire en GMAW lorsque l'apport de chaleur est insuffisant ou mal réparti. Ce défaut n'est presque pas apparent à la surface de la pièce mais se détecte très bien à l'ultrason. Enfin, la coupe #4 révèle des collages plus importants de chaque côté du joint. L'arrête non fusionnée était visible à l'oeil nu.

CONCLUSION

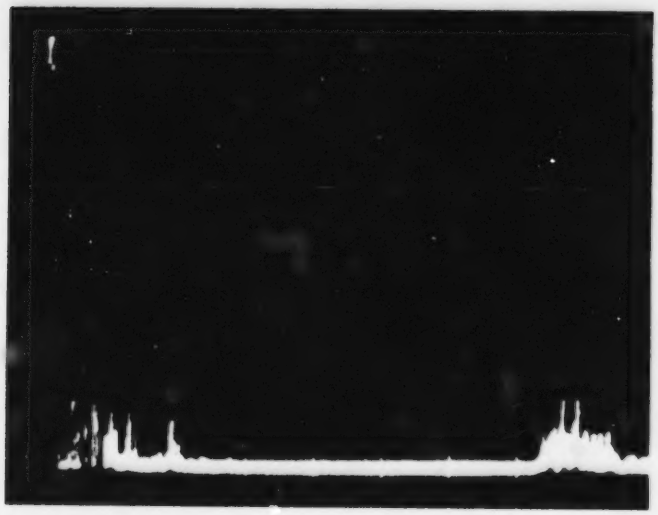
Il est intéressant de remarquer que, en plus de soudures saines, le système peut aussi produire sur demande et de façon répétitive des soudures avec collages à la racine. Cette capacité peut être mise à profit pour obtenir un échantillon de calibration ultrasonore sur un joint et un type de pièce donné. Une inspection ultrasonore basée sur une telle calibration devrait permettre de détecter la majorité des défauts de collage ou manque de fusion à la racine et de les distinguer des effets du relief du cordon de soudure.

LISTE DES FIGURES

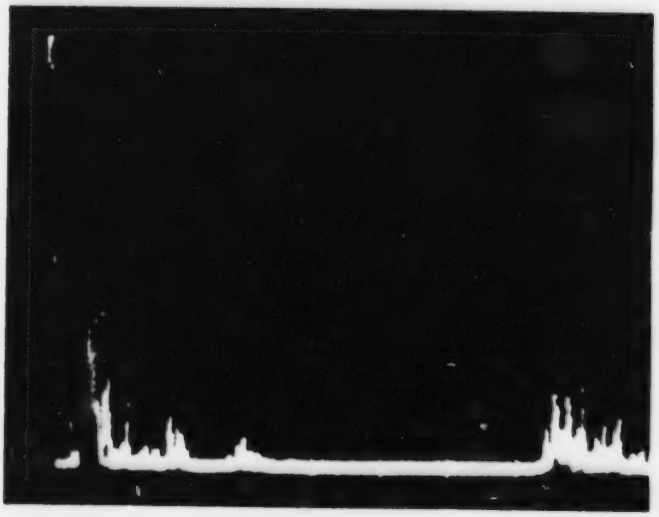
Figure 1 Échogramme de différentes régions du joint soudé (x: 20 µs/din., y: 1V /din.).

Figure 2 Coupes métallographiques des régions correspondant aux échogrammes de la figure 1.

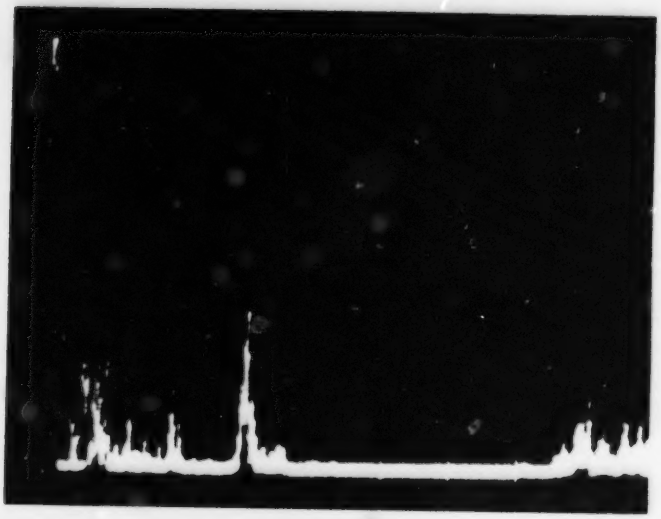
Figure 1 ÉCHOGRAMME



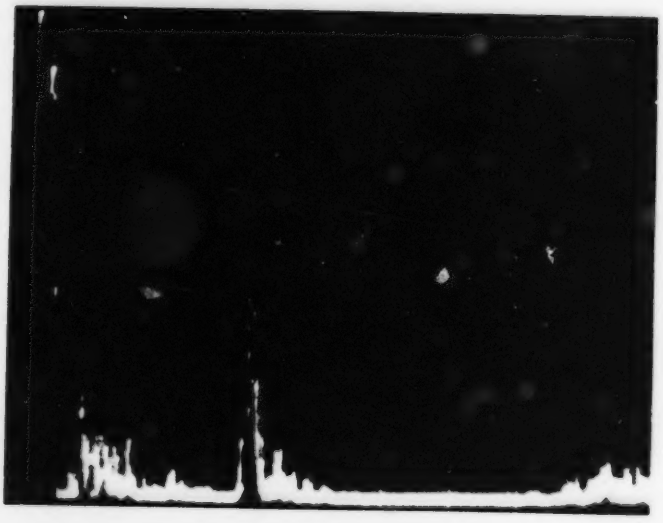
Région #1



Région #2



Région #3

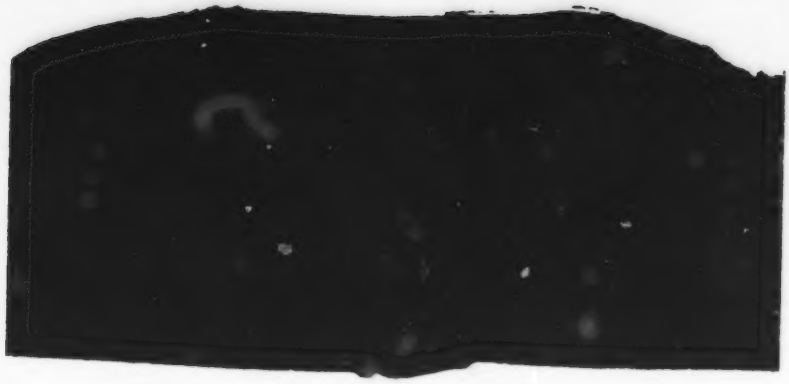


Région #4

Figure 2 COUPES MÉTALLOGRAPHIQUES

Région #1

Région #2



Région #3

Région #4